

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER*  
*CROSS FLOW UNMIXED, FINNED TUBE FOUR PASS,*  
UNTUK MENGERINGKAN EMPON-EMPON DENGAN  
VARIASI *MASS FLOW RATE***



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I Pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh:

**WAHYU NUGRAHA ADI HARNANTO**

**D200130216**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**“RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER CROSS FLOW UNMIXED, FINNED TUBE FOUR PASS*, UNTUK MENGERINGKAN EMPON-EMPON DENGAN VARIASI *MASS FLOW RATE*”**

**PUBLIKASI ILMIAH**

**Oleh :**

**WAHYU NUGRAHA ADI HARNANTO**

**D 200 130 216**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

**Dosen**

**Pembimbing**



**Ir. Sartono Putro, MT**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**“RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER CROSS FLOW UNMIXED, FINNED TUBE FOUR PASS*, UNTUK MENGERINGKAN EMPON-EMPON DENGAN VARIASI *MASS FLOW RATE*”**



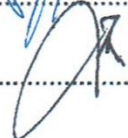
**OLEH:**

**WAHYU NUGRAHA ADI HARNANTO  
D 200 130 216**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Kamis 20 Juli 2017  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji :**

1. Ir. Sartono Putro, MT.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Subroto, MT.  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Tri Tjahjono, MT.  
(Anggota II Dewan Penguji)

(  ..... )  
(  ..... )  
(  ..... )

  
Dekan,  
  
Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 September 2017

Penulis



**Wahyu Nugraha Adi Harnanto**

**D 200 130 216**

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER CROSS FLOW UNMIXED, FINNED TUBE FOUR PASS*, UNTUK MENGERINGKAN EMPON-EMPON DENGAN VARIASI *MASS FLOW RATE***

**Abstraksi**

Alat penukar panas adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *mass flow rate* pada *Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Finned Tube Four Pass* terhadap perubahan temperatur, perubahan kalor, perubahan koefisien perpindahan panas fluida dingin, perubahan perpindahan kalor total, perubahan efesiensi heat exchanger, serta perubahan massa temulawak, dengan *variasi mass flow rate* 0,025kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s, dan 0,035kg/s.

Cara kerja dari *Heat Exchanger* ini adalah dengan memanfaatkan aliran fluida dingin yang keluar dari *blower sentrifugal*, yang kemudian fluida dingin masuk ke dalam *Heat Exchanger*, di dalam *Heat Exchanger* fluida dingin tersebut akan menerima kalor dari fluida panas yang mengalir pada sela *shell Heat Exchanger*, dimana fluida panas tersebut bersumber dari *burner* yang berada dibawah *Heat Exchanger*, setelah itu fluida dingin yang telah menerima kalor tersebut keluar dari *Heat Exchanger* menuju alat pengering empon-empon.

Hasil pengeringan yang optimal didapatkan dengan *mass flow rate* fluida dingin 0,029kg/s dan dengan hasil perubahan massa empon-empon sebesar 339 gram. Jika dilihat dari diagram pengaruh *mass flow rate* terhadap kalor yang diterima fluida dingin, dan diagram pengaruh *mass flow rate* terhadap perubahan massa temulawak maka dapat disimpulkan bahwa perubahan temperature udara dingin ( $\Delta T_c$ ) dan *mass flow rate* udara dingin adalah factor utama dalam proses pengeringan dengan menggunakan *Heat Exchanger*.

Kata kunci : ***Heat Exchanger, Mass flow rate, Kalor, Fluida***

**Abstract**

*A heat exchanger is a device used to transfer heat from the system to another system without mass transfer and may serve as a heater or as a coolant.*

*The purpose of this research is to know the effect of mass flow rate on Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Finned Tube Four Pass to temperature change, heat change, change of cold fluid heat transfer coefficient, total heat transfer change, heat exchanger efficiency change, and mass change of temulawak, with variation of mass flow rate 0,025kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s, and 0,035kg/s.*

*The operation of this Heat Exchanger is to utilize the flow of cold fluid out of the centrifugal blower, which then cold fluid into the Heat Exchanger, in the Heat Exchanger the cold fluid will receive the heat from the hot fluid flowing between the Heat Exchanger shell, where the hot fluid is sourced from the burner under the Heat Exchanger, after which the cold fluid that has received the heat comes from the Heat Exchanger to the engine medicinal dryer.*

*The optimum drying result is obtained with cold fluid mass flow rate 0.029kg / s and with the result of herp mass change of 339 gram. If it is seen from the diagram of the influence of mass flow rate on the heat received cold fluid, and the diagram of mass flow rate influence on the change of temulawak mass it can be concluded that the change of cold air temperature ( $\Delta T_c$ ) and cold air flow rate is the main factor in drying process Using the Heat Exchanger.*

**Keyword :Heat Exchanger, Mass Flow Rate, Heat, Fluid**

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Saat ini dunia industri Indonesia terdapat banyak UKM yang mulai berkembang. Salah satunya UKM dalam bidang obat tradisional yang menggunakan bahan empon-empon. Seiring dengan perkembangan teknologi, saat ini banyak obat tradisional atau jamu yang dibuat menjadi serbuk agar menjadi lebih praktis dan umur pada obat tersebut menjadi lebih bertahan lama. Pada salah satu prosesnya, sebelum dijadikan serbuk terdapat proses pengeringan yaitu dengan mengurangi kadar air pada bahan dasar empon-empon itu sendiri.

Proses yang digunakan secara alami yaitu dengan memanfaatkan sinar matahari, sehingga pada proses alami ini sangat bergantung dengan cuaca, sedangkan empon-empon jika pengeringannya terkendala dengan cuaca maka empon-empon tidak bisa dijadikan serbuk. Maka dari itu pada musim hujan menjadi suatu kendala dalam proses ini. Sedangkan proses pembuatan dengan menggunakan mesin akan lebih cepat dan tidak ada kendala cuaca.

Mesin yang digunakan adalah mesin pengering untuk mengeringkan bahan empon-empon basah dan proses pengeringannya dengan *heat exchanger* dengan cara mengalirkan udara panas yang berkecepatan tinggi secara berkelanjutan. *Heat Exchanger* adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah. Bentuk *heat exchanger* yang sering digunakan ialah *shell and tube*.

Dengan berbagai pertimbangan bentuk ini dinilai memiliki banyak keuntungan baik dari segi fabrikasi, biaya, hingga untuk kerja. Pada penelitian ini penulis ingin menganalisa *Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Finned Tube Four Pass* dengan variasi *mass flow rate* fluida dingin 0,025 kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s dan 0,035kg/s.

### 1.2 Perumusan Masalah

- a. Bagaimana desain dan konstruksi *Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Finned Tube Four Pass* untuk pengeringan empon-empon temulawak.
- b. Bagaimana pengaruh variasi *mass flow rate* fluida dingin terhadap perubahan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ ).
- c. Bagaimana pengaruh *mass flow rate* udara dingin terhadap kalor diterima oleh fluida dingin ( $q_c$ ).
- d. Bagaimana pengaruh variasi *mass flow rate* udara dingin terhadap koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $U$ )
- e. Bagaimana pengaruh variasi *mass flow rate* udara dingin terhadap koefisien perpindahan panas secara konveksi fluida dingin ( $h_c$ ).
- f. Bagaimana pengaruh variasi *mass flow rate* fluida udara dingin terhadap efisiensi *heat exchanger*.

### 1.3 Tujuan Penulisan

- a. Mendapatkan desain dan konstruksi *Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Finned Tube Four Pass* untuk pengeringan empon-empon temulawak.
- b. Mengetahui pengaruh *mass flow rate* fluida dingin terhadap perubahan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ ).
- c. Mengetahui pengaruh *mass flow rate* fluida dingin terhadap kalor yang diterima oleh fluida dingin ( $q_c$ ).
- d. Mengetahui pengaruh variasi *mass flow rate* udara dingin terhadap koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $U$ ).
- e. Mengetahui pengaruh variasi *mass flow rate* udara dingin terhadap koefisien perpindahan panas secara konveksi fluida dingin ( $h_c$ ).

- f. Mengetahui pengaruh *mass flow rate* fluida dingin terhadap efisiensi *heat exchanger*.

#### 1.4 Batasan Masalah

- a. Mesin pengering Empon-empon.
- b. Variasi debit yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mass flow rate* fluida dingin 0.025, 0,029, 0,033 dan 0,035 (kg/s).
- c. Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah temulawak sebanyak 1 kg setiap *mass flow rate* penelitian.
- d. Indikator penelitian *mass flow rate* fluida dingin terhadap hasil penelitian.
- e. Penelitian menggunakan *blower* sentrifugal dengan diameter 2 *inch*.

#### 1.5 Tinjauan Pustaka

Saka Saputra (2017) melakukan penelitian rancang bangun *heat exchanger tube fin* satu *pass*, *shell* tiga *pass* untuk pengering empon-empon dengan memanfaatkan *mass flow rate* fluida dingin.

Felix Wijaya (2016) menyimpulkan hasil perhitungan metode NTU dan hasil perhitungan dilapangan memiliki selisih yang cukup jauh dikarenakan alat ukur yang kurang akurat, dan isolasi yang kurang sempurna sehingga masih terjadi heat loss.

Fauzy Kusuma Nur Handy (2011) melakukan penelitian penggunaan *heat exchanger shell and tube single pass* yang dirancang fluida yang digunakan adalah air, menghasilkan perpindahan kalor antar fluida, sehingga mampu menaikkan temperatur fluida dingin..

#### 1.6 Landasan Teori

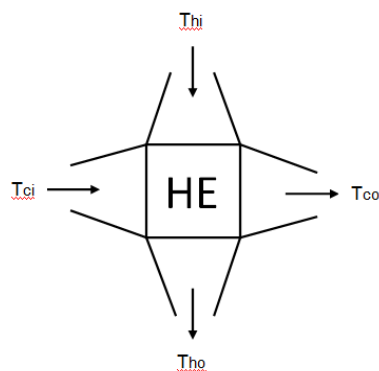
Alat penukar panas (*Heat Exchanger*) adalah alat yang berfungsi untuk mengakomodasikan perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin dengan adanya perbedaan temperatur, karena panas yang



dipertukarkan terjadi dalam suatu sistem maka kehilangan panas dari suatu benda akan sama dengan panas yang diterima benda lain. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah. Perpindahan kalor pada alat penukar kalor biasanya terdiri dari konveksi di setiap fluida dan konduksi pada dinding yang memisahkan kedua fluida. Pada saat menganalisa alat penukar kalor, sangat diperlukan untuk menggunakan koefisien perpindahan panas menyeluruh U yang memungkinkan untuk menghitung seluruh efek dari perpindahan panas.

### 1.6.1 Teori kesetimbangan kalor

Hukum kekekalan energi untuk kalor menyatakan bahwa untuk berbagai benda yang dicampur dan diisolasi sempurna terhadap lingkungan, banyak kalor yang dilepas benda sama dengan banyak kalor yang diterima benda lain. Sehingga tidak ada kalor yang masuk atau keluar.



Gambar 1 Skema konsep kesetimbangan kalor

$$Q_{lepas} = Q_{terima} \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\dot{m}_c . C_{p_c} . \Delta T_c = \dot{m}_h . C_{p_h} . \Delta T_h$$

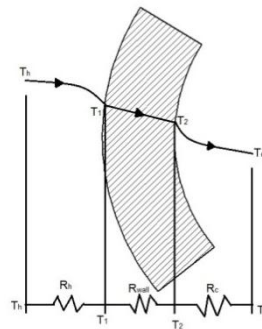
dimana :

- $Q$  : besar kalor (Joule)
- $m$  : massa (kg)
- $C_p$  : kalor jenis suatu benda (kJ/(kg K))
- $\Delta T$  : perubahan suhu (K)

### 1.6.2 Perpindahan Kalor

#### a. Perpindahan Kalor Gabungan antara konveksi dan konduksi

Di dalam kasus ini terdapat perpindahan kalor gabungan antara konveksi dan konduksi, perpindahan konveksi terjadi karena ada dua fluida yang mengalir dan perpindahan kalor konduksi terjadi pada dinding pipa.



Gambar 2. Perpindahan kalor gabungan

Persamaan Perpindahan kalor konduksi pada dinding datar :

$$q = \frac{1}{R_{wall}} (\Delta T) \dots\dots\dots (1.2)$$

Persamaan perpindahan kalor konduksi pada dinding pipa :

$$q = \frac{2\pi L k}{\ln(R_o/R_i)} \Delta T \dots\dots\dots (1.3)$$

Dimana :

- $q$  : Perpindahan Kalor (W)
- $k$  : Konduktivitas thermal (W/mK)
- $\Delta T$  : Perbedaan Temperatur T1-T2 (K)
- $A$  : Luas Permukaan (m<sup>2</sup>)
- $L$  : Panjang Bntuan (m)

Persamaan perpindahan kalor konveksi pada dinding datar :

$$q = \frac{1}{R} (T_s - T_{\infty}) \dots\dots\dots (1.4)$$

Dimana :

$q$	: Perpindahan kalor (W)
$h$	: Koefisien Perpindahan Kalor (W/mK)
$A$	: Luas dinding (m <sup>2</sup> )
$R$	: Hambatan
$T_w$	: Temperatur dinding (K)
$T_\infty$	: Temperatur aliran bebas (K)

Maka persamaan untuk menentukan nilai koefisien perpindahan kalor :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_h} + \frac{\ln(R_o/R_i)}{2\pi Lk} + \frac{1}{h_c}} \dots\dots\dots (1.5)$$

Dimana  $U$  = Koefisien perpindahan kalor ( W/m<sup>2</sup>.K)

Untuk menentukan angka reynold

$$Re = \frac{\rho U D}{\mu} = \frac{uD}{\nu} \dots\dots\dots (1.6)$$

dimana :

$Re$	: Angka Reynold,
$U$	: Kecepatan Fluida (m/s),
$D$	: Diameter pipa (m),
$\mu$	: viskositas absolut fluida ( $\nu \times \rho$ ) (kg/m.s),
$\nu$	: fiskositas kinematik fluida.

Jika  $Re < 2100$  maka aliran laminar

Jika  $Re > 10^5$  maka aliran turbulen

Ketika perbedaan temperatur antara permukaan pipa dengan fluida kerja besar, sangat penting untuk menghitung variasi kekentalan dengan temperatur. Bilangan Nusselt rata-rata untuk aliran laminar yang berkembang pada sebuah pipa berpenampang lingkaran dapat ditentukan dengan persamaan Sieder dan Tate (1936) yakni

$$N_u = 1,86 \left( \frac{Re Pr D}{L} \right)^{0,33} \left( \frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14} \dots\dots\dots (1.7)$$

Dengan syarat  $Re \cdot Pr \cdot \frac{d}{L} \geq 33,3$

Semua sifat fluida dihitung pada temperatur rata-rata fluida, kecuali  $\mu$  dihitung pada temperatur permukaan pipa.

Untuk aliran turbulen berkembang penuh didalam pipa yang halus, sebuah persamaan sederhana untuk menghitung bilangan Nusselt dapat diperoleh yakni

$$N_U = 0,023 R_e^{0,8} P_r^{0,4} \dots\dots\dots (1.8)$$

Dengan syarat bahwa :  $0,7 \leq Pr \leq 160$  ,  $Re > 10000$

*Coeficient convection*

$$h_1 = \frac{N_u K_1}{D} \dots\dots\dots (1.9)$$

## b. Sirip

Untuk mencari efisiensi pada sirip, dicari dahulu perpindahan kalor yang terjadi apabila tidak menggunakan sirip. Perpindahan kalor yang terjadi tanpa sirip dapat didefinisikan dengan rumus sebagai berikut :

$$q = UA_{unfin}\Delta T \dots\dots\dots (1.10)$$

$$A_{unfin} = \pi d_o L \dots\dots\dots (1.11)$$

Dimana :

$U$  : Koefisien perpindhan kalor konveksi ( $W/m^2K$ )

$A_{unfin}$  : Luasan kontak tanpa sirip ( $m^2$ )

$\Delta T$  : Beda temperatur (K)

$d_o$  : Diameter penukar kalor (m)

$L$  : Panjang penukar kalor (m)

Untuk mencari perpindahan kalor dengan sirip dan luasan pada sirip dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$A_{fin} = 2\pi(r_2^2 - r_1^2) + 2\pi r_2 t \dots\dots\dots (1.12)$$

$$q_f = \eta_f q_{max} \dots\dots\dots (1.13)$$

$$\varepsilon = \frac{r_2 + 0,5t}{r_1} \dots\dots\dots (1.14)$$

Dimana :

$A_{fin}$  : Luasan pada sirip ( $m^2$ )

$r_2$  : Jari-jari luar sirip (m)

$r_1$  : Jari-jari dalam sirip (m)

$t$  : Tebal sirip (m)

$q_f$  : Perpindahan kalor dengan sirip

$\eta_f$  : Efisiensi sirip

Tidak semua bagian *tube* diselimuti oleh sirip, maka perpindahan kalor pada sirip maupun yang yang tidak diselimuti sirip dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$q_{tot} = n(q_{unfin} + q_f) \dots\dots\dots (1.15)$$

Dimana :

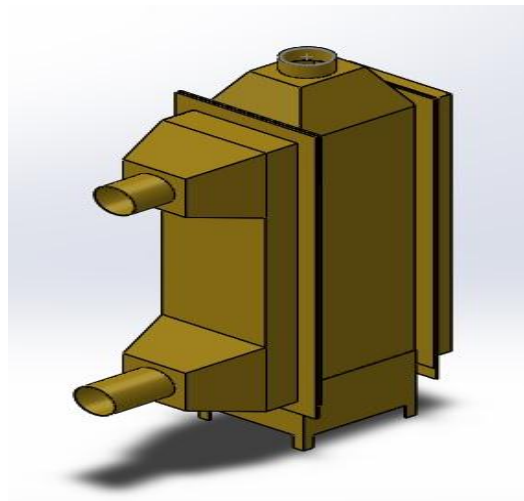
$n$  : Banyaknya sirip yang terpasang pada *tube*

## 2. METODE PENULISAN

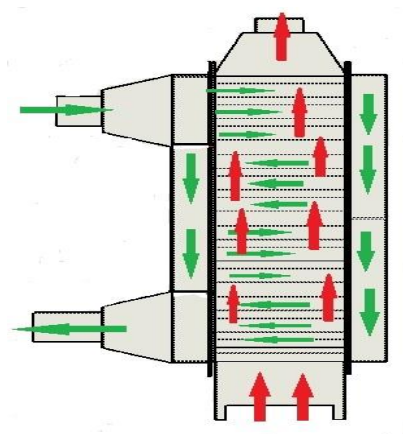
### 2.1 Alat Pengujian

Tabel 1 Alat-alat yang digunakandalampengujian

No	AlatPengujian	Fungsi
1	<i>Heat Exchanger</i>	Alat penukar kalor yang akan diuji
2	Mesin Pengering	Mesin pengering empon-empon
3	<i>Blower</i>	Digunakan sebagai penyuplai udara dingin
4	Kompas	Sebagai sumber <i>mass flow rate</i> fluida panas

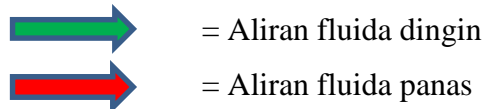


**Gambar 3** *Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Finned Tube Four Pass*



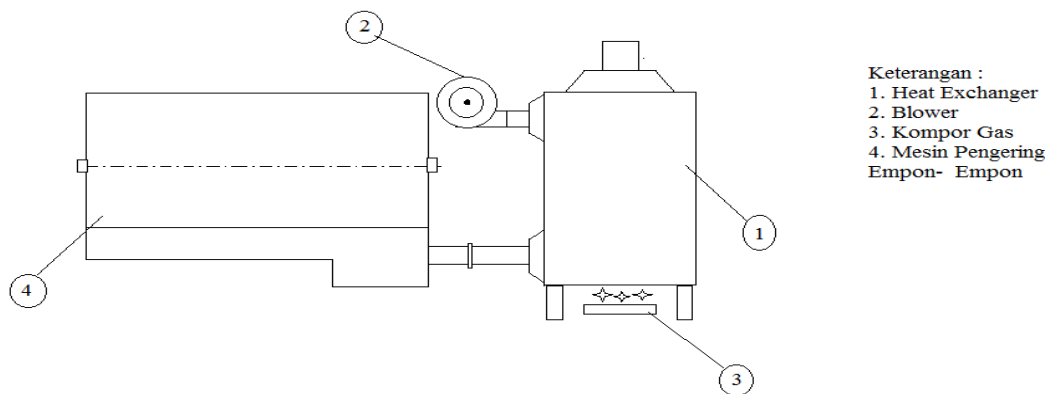
**Gambar 4** Skema aliran fluida pada *Heat Exchanger*

Keterangan



Taabel 2. Daftar alat alat ukur

No	AlatUkur	Fungsi
1	<i>Thermocouple</i>	Untuk mengukur suhu
2	<i>Anemometer</i>	Untuk mengukur kecepatan angin
3	<i>Stopwatch</i>	Untuk menghitung waktu pengujian
4	Timbangan Jarum	untuk menimbang gas LPG
5	Timbangan Digital	Untuk menimbang empon-empon



Gambar 5 Instalasi Pengujian

## 2.2 Bahan Penelitian

- Udara
- Temulawak
- Gas LPG

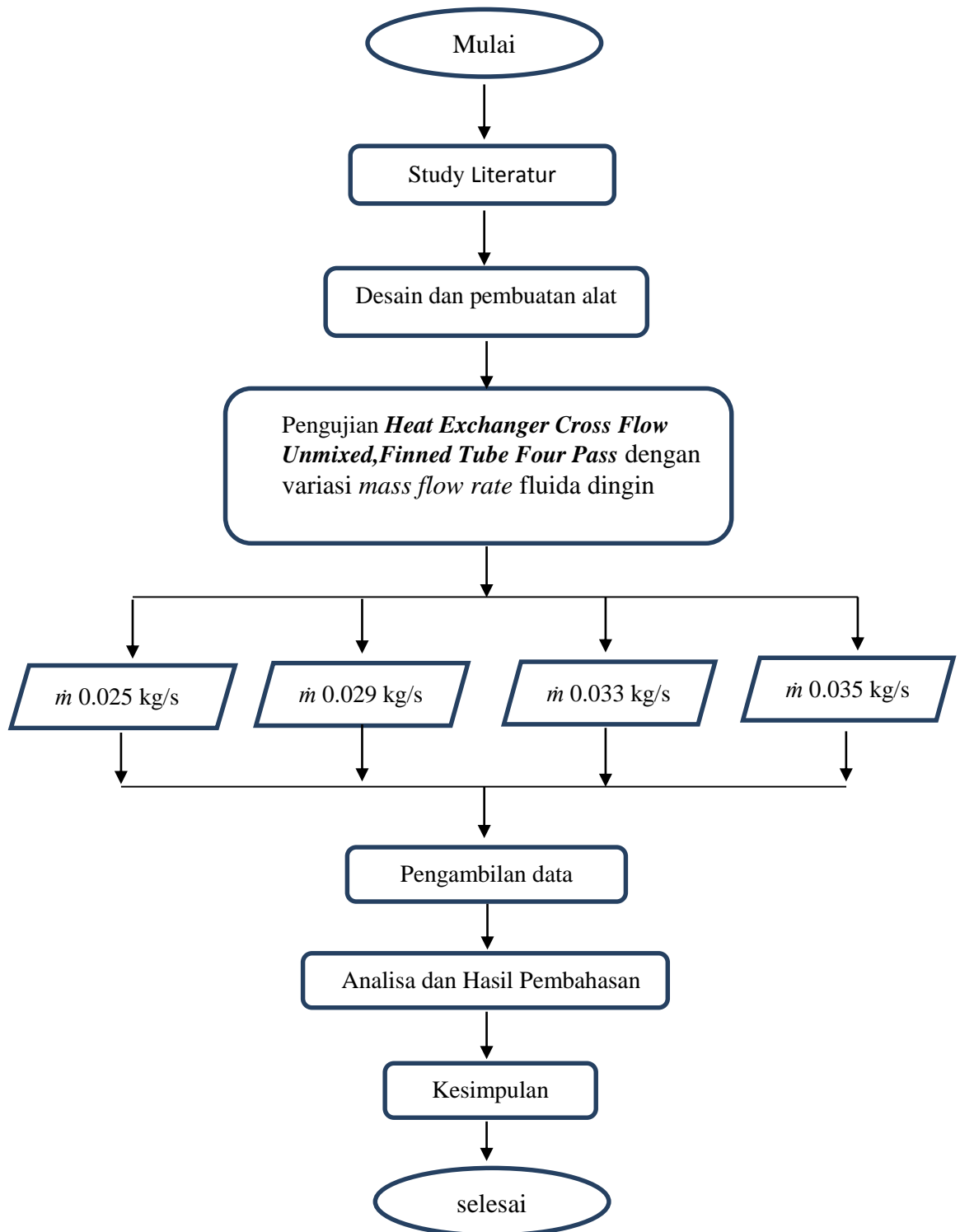
## 2.3 Langkah-Langkah

- Sebelum pengujian terlebih dahulu menyiapkan bahan-bahan seperti temulawak, gas LPG, memasang regulator pada tabung gas, merangkai *thermocouple* yang dipasangkan ke *heat exchanger* dan menyiapkan *stop kontak* yang nantinya untuk menyalakan motor listrik.
- Memastikan semua instalasi sudah terpasang dengan benar dan bahan sudah siap selanjutnya mengatur katup pada blower sebagai variasi *mass flow rate*.
- Memasukkan 1 kg temulawak ke mesin pengering, kemudian nyalakan kompor untuk memanaskan *heat exchanger* selama 10 menit.
- Menyalakan *blower*, *thermocouple*, mesin pengering selama 30 menit.
- Mencatat temperatur pada *thermocouple* setiap 10 menit sekali dalam waktu 30 menit.

- f. Mematikan *blower*, kompor dan mesin pengering empon-empon secara bersamaan, kemudian mengambil temulawak.
- g. Menimbang temulawak dengan timbangan digital, dan menimbang tabung gas LPG dengan timbangan analog, kemudian hitung selisih massa temulawak dan gas LPG sebelum dan sesudah pengujian.
- h. Dinginkan mesin hingga suhu normal.
- i. Lakukan pengujian seperti diatas dengan variasi *mass flow rate* yang berbeda.



## 2.4 Diagram Alir Peneliti



Gambar 6 Diagram alir Penelitian

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh *Mass Flow Rate* Fluida Dingin Terhadap Perubahan Temperatur Fluida Dingin

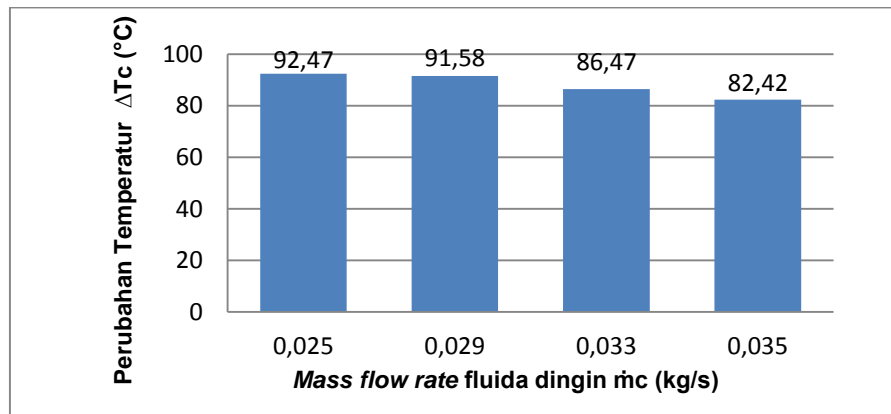
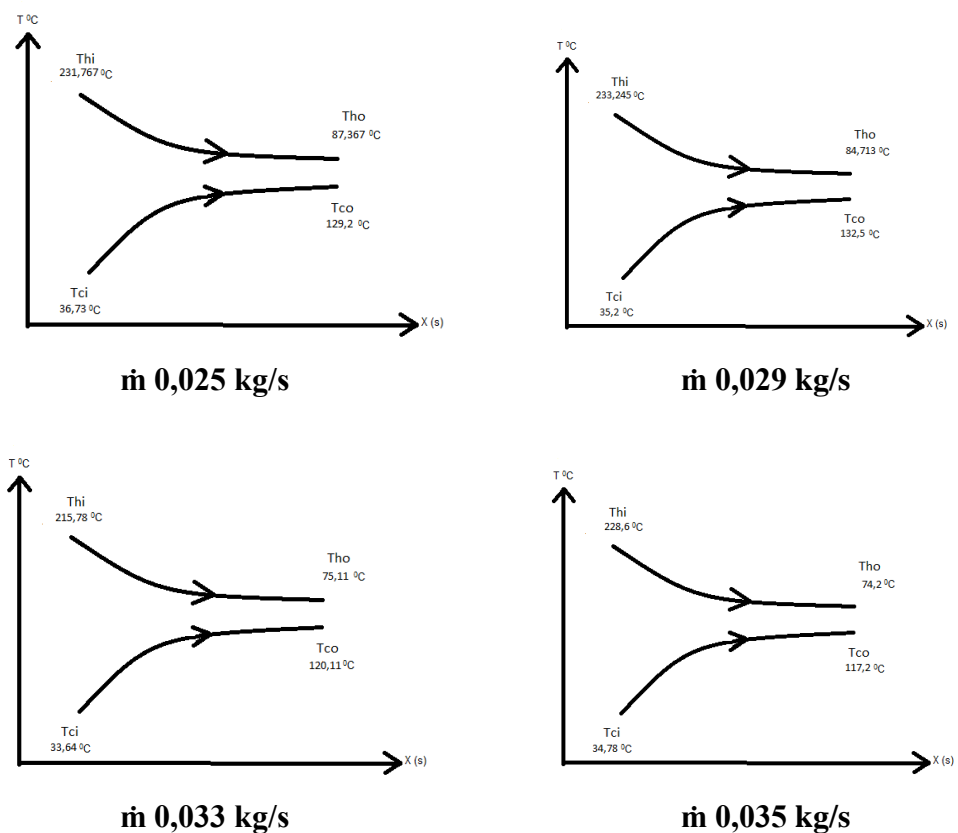


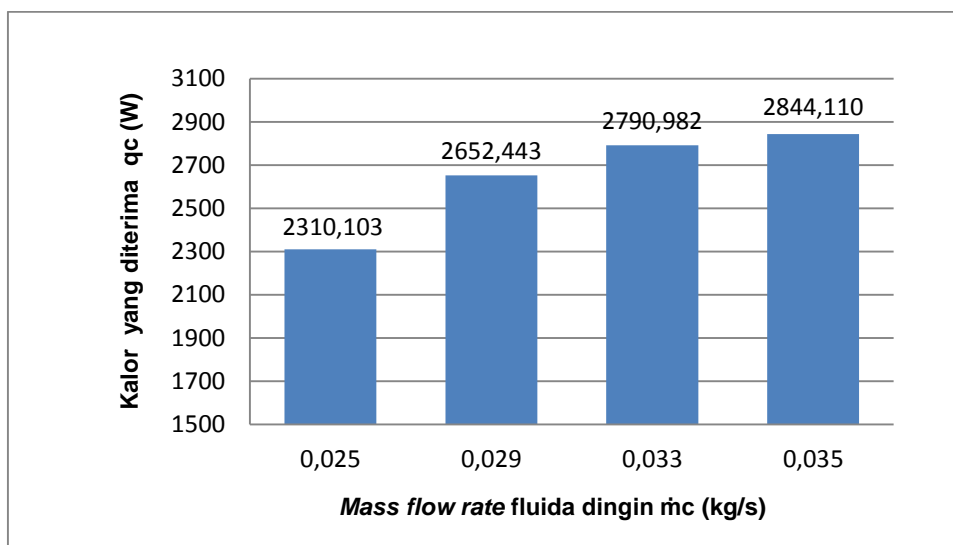
Diagram 1 Pengaruh *mass flow rate* fluida dingin ( $\dot{m}_c$ ) terhadap perubahan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ )



Grafik 1 Distribusi Temperatur

Pada diagram 1 menunjukkan hasil perubahan temperatur fluida dingin pada *mass flow rate* 0,025kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s, dan 0,035kg/s sebesar 92,47°C, 91,58°C, 86,47°C dan 82,42°C. Jadi, semakin besar *mass flow rate* fluida dingin maka semakin kecil perubahan temperatur fluida dingin.

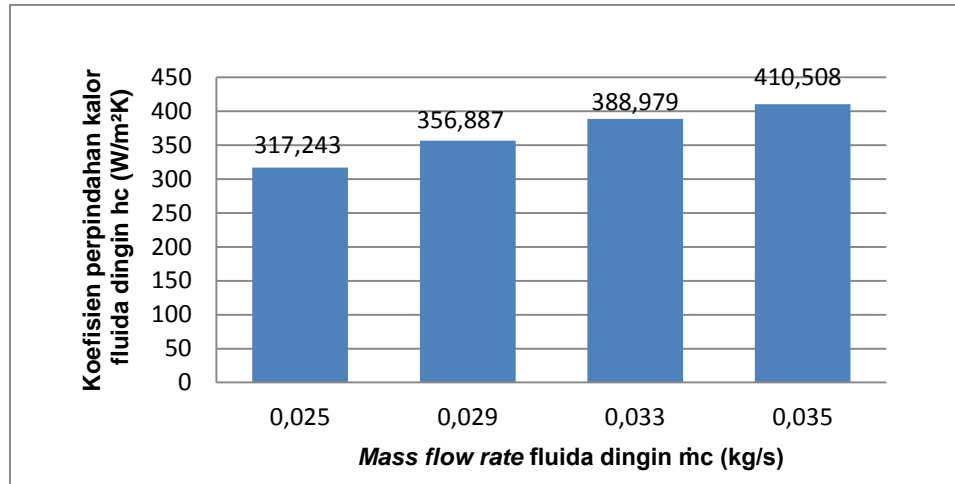
### 3.2 Pengaruh *Mass Flow Rate* Fluida Dingin Terhadap Kalor Yang Diterimafluida Dingin



**Diagram 2 Pengaruh *mass flow rate* fluida dingin ( $\dot{m}_c$ ) terhadap kalor yang diterimafluida dingin ( $q_c$ )**

Pada diagram 2 menunjukkan hasil kalor yang diterima fluida dingin pada *mass flow rate* 0,025kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s, dan 0,035kg/s adalah sebesar 2310,103W, 2652,443W, 2790,982W, dan 2844,110W. Jadi, semakin besar *mass flow rate* maka semakin besar pula kalor yang diterima.

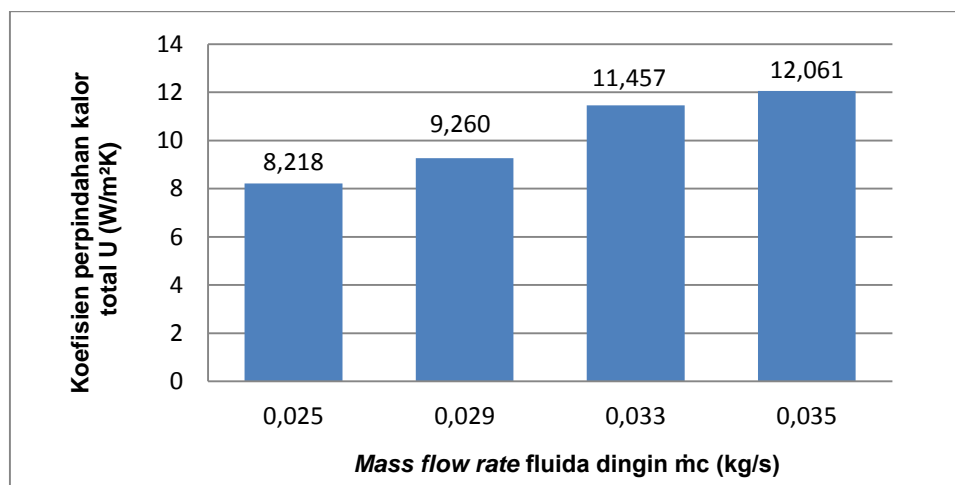
### 3.3 Pengaruh *Mass Flow Rate* Fluida Dingin Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Fluida Dingin



**Diagram 3** Pengaruh *mass flow rate* fluida dingin ( $\dot{m}_c$ ) terhadap koefisien Perpindahan kalor fluida dingin ( $h_c$ )

Pada diagram 3 menunjukkan hasil koefisien perpindahan kalor total pada *mass flow rate* fluida dingin 0,025kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s, dan 0,035kg/s adalah sebesar 317,243 W/m²K, 356,887 W/m²K, 388,979 W/m²K, dan 410,508 W/m²K. Jadi, semakin besar *mass flow rate* fluida dingin maka semakin besar pula koefisien perpindahan kalor fluida dingin.

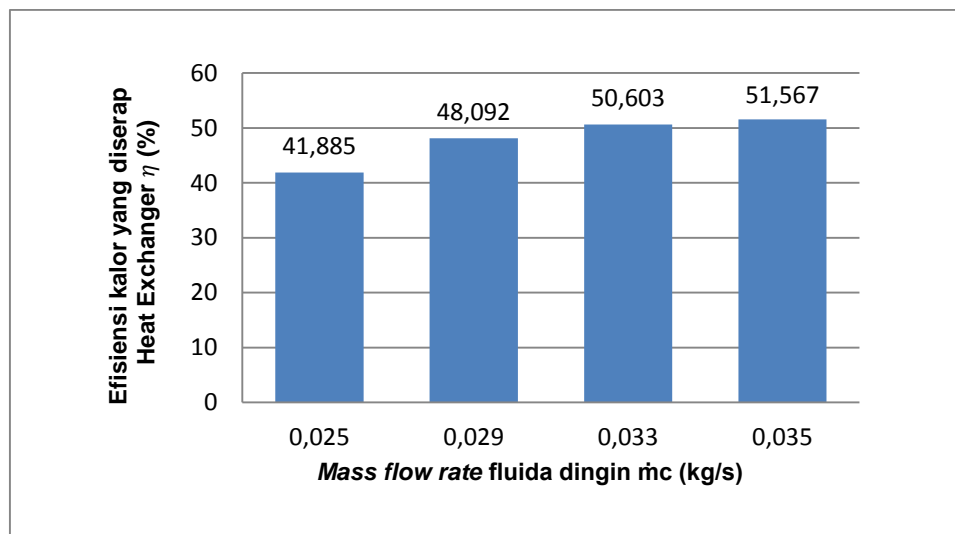
### 3.4 Pengaruh *Mass Flow Rate* Fluida Dingin Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Total



**Diagram 4** Pengaruh *mass flow rate* fluida dingin ( $\dot{m}_c$ ) terhadap koefisien perpindahan kalor total (U)

Pada diagram 4 menunjukkan hasil koefisien perpindahan kalor total pada *mass flow rate* fluida dingin 0,025kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s, dan 0,035kg/s adalah sebesar 8,218 W/m<sup>2</sup>K, 9,260 W/m<sup>2</sup>K, 11,457 W/m<sup>2</sup>K, dan 12,061 W/m<sup>2</sup>K. Semakin tinggi *mass flow rate* maka koefisien perpindahan kalor nya akan semakin tinggi.

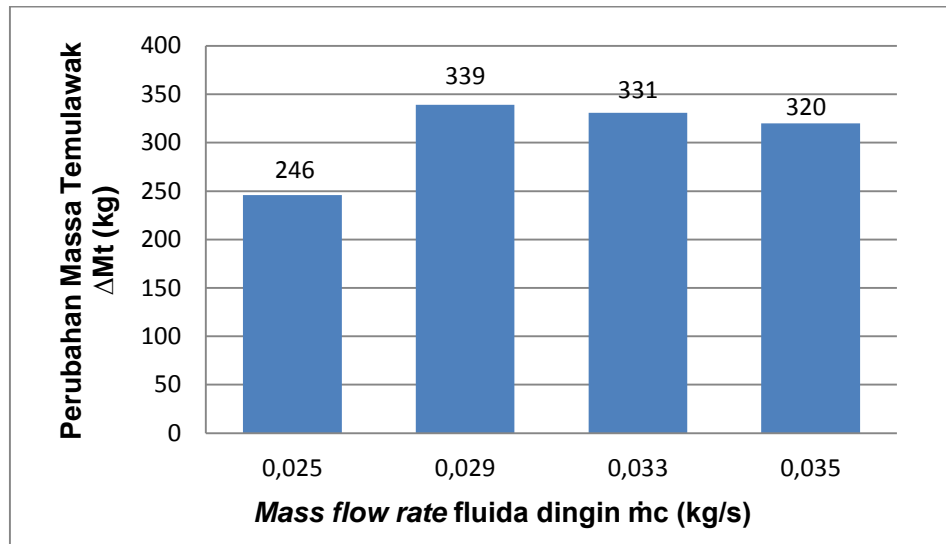
### 3.5 Pengaruh *Mass Flow Rate* Fluida Dingin Terhadap Efisiensi *Heat Exchanger*



**Diagram 5 Pengaruh *mass flow rate* fluida dingin ( $\dot{m}_c$ ) terhadap efisiensi ( $\eta$ )**

Pada diagram 5 diatas menunjukkan hasil efisiensi *Heat Exchanger* pada *mass flow rate* fluida dingin 0,025kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s, dan 0,035kg/s adalah sebesar 41,885%, 48,092%, 50,603%, dan 51,567%. Maka, efisiensi terbesar dari *Heat Exchanger* berpengaruh pada semakin besar nya *mass flow rate*. Jadi semakin besar *mass flow rate*, semakin besar pula efesiensi kalor yang diserap.

### 3.6 Pengaruh *Mass Flow Rate* Fluida Dingin Terhadap Perubahan Massa Temulawak.



**Diagram 6** Pengaruh *mass flow rate* fluida dingin ( $\dot{m}_c$ ) terhadap perubahan massa temulawak ( $\Delta m_{\text{temulawak}}$ )

Pada diagram 6 diatas menunjukkan hasil perubahan massa temulawak pada *mass flow rate* fluida dingin 0,025kg/s, 0,029kg/s, 0,033kg/s, dan 0,035kg/s adalah sebesar 246g, 339g, 331g, dan 320g. Perubahan massa temulawak terbesar terdapat pada *mass flow rate* fluida dingin 0,025 kg/s yaitu sebesar 339g.

## 4. KESIMPULAN

- Desain dan Kontruksi *Heat Exchanger Cross Flow Unmixed Finned Tube Four Pass* menggunakan bahan plat besi dengan tebal 2 mm dengan ukuran panjang 300 mm, tinggi 450 mm, lebar 200 mm dengan jumlah tube 8 dengan diameter 20 mm dengan tebal 2 mm dan panjang 120 mm, dengan fin berjumlah 54 dengan ukuran diameter dalam 21 mm, diameter luar 32 mm dan tebal 2 mm.
- Perubahan temperatur fluida dingin dipengaruhi oleh *mass flow rate* fluida dingin, semakin besar *mass flow rate* maka perubahan temperatur fluida dingin kecil.

- c. Kalor yang diterima fluida dingin dipengaruhi oleh *mass flow rate* fluida dingin, semakin besar *mass flow rate* maka semakin besar pula kalor yang diterima.
- d. Perubahan koefisien perpindahan kalor yang diterima fluida dingin dipengaruhi oleh *mass flow rate* fluida dingin, semakin besar *mass flow rate* fluida dingin maka semakin besar pula koefisien perpindahan kalor fluida dingin.
- e. Perubahan koefisien perpindahan kalor total yang diterima fluida dingin dipengaruhi oleh *mass flow rate* fluida dingin, koefisien perpindahan kalor terbesar yang diterima fluida dingin terdapat pada *mass flow rate* fluida dingin 0,035kg/s yaitu sebesar 410,508 W/m<sup>2</sup>K.
- f. Perubahan efisiensi dipengaruhi oleh *mass flow rate* fluida dingin, Efisiensi *heat exchanger*, semakin besar *mass flow rate* maka semakin besar pula efisiensi pada *heat exchanger*.
- g. Perubahan massa temulawak dipengaruhi oleh *mass flow rate* fluida dingin, Perubahan massa temulawak terbesar terdapat pada *mass flow rate* fluida dingin 0.029kg/s yaitu sebesar 339g.

## PERSANTUNAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu dan tanpa halangan berarti yakni dengan judul **“Rancang Bangun Dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Finned Tube Four Pass*, Untuk Mengeringkan Empon-Empon Dengan Variasi *Mass Flow Rate*”**.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir penulis sadar bahwa banyak hambatan dan kesulitan yang dialami. Bantuan semangat dan dorongan serta bantuan baik materil maupun non materil tidak lepas dari jasa berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T yang senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat, karunia dan kasih sayang-Nya.

2. Orang Tua atas segala perhatian, doa, dan dukungan baik moral maupun materil yang telah diberikan.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT,Ph.D, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Subroto, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Ir. Sartono Putro, MT.selaku pembimbing utama yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah begitu banyak memberikan pengetahuan yang tiada ternilai,
7. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah berjasa besar dalam proses penelitian dan penulisan Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

## DAFTAR PUSATAKA

- Ahmad. Wafi B, (2012). ***“Rancang Bangun Heat Exchanger Shell and Tube Single Phase”***. Skripsi. Fakultas Teknik Pertanian Universitas Diponegoro.
- Anggraini Handoyo Eka Dewi, (2000) ***“Pengaruh Penggunaan Baffle pada Shell and Tube Heat Exchanger”***, Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Angraini Handoyo Eka Dewi, (2000) ***“Pengaruh Tebal Isolasi Thermal Terhadap Efektivitas Plat Heat Exchanger”***. Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra.
- Cengel, Y. A. (2003). ***“Heat Transfer”***. Mc. Graw Hill New York
- Kanginan, Marthen. (2007). ***“Seribu Pena FISIKA”***. Jakarta: Erlangga.
- Peter (2013). ***“Hairpin Heat Exchanger”***. From [www.lv-soft.com](http://www.lv-soft.com)
- Wahyudi Didik, (2000). ***“Optimasi Heat Exchanger Tabung Konsentris”***. Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra Surabaya.



Yopi Handoyo, Ahsan ( 2012). “*Analisis Kinerja Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Pendingin Aliran Air pada PLTA Jatiluhur*”. Skripsi. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Bekasi.

Dona Setiawan (2017) “*Rancang Bangun Heat Exchanger Tube Satu Pass, Shell Tiga Pass Untuk Pengering Empon-Empon*” Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Saka Saputra (2017) “*Rancang Bangun Heat Exchanger Tube Fin Satu Pass, Shell Tiga Pass Untuk Pengering Empon-Empon*” Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta